

УДК 620.179.152.1

Н. Я. ФИЛИШОВ, О. С. БОРИСОВ

РЕНТГЕНТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ИНТРОСКОП ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Для неразрушающего экспресс-контроля качества материалов, изделий и сварных соединений разработан рентгентелевизионный интроскоп с компьютерной обработкой изображений. Чувствительность интроскопа превышает чувствительность пленочной радиографии, а производительность увеличивается более чем в 15 раз.

Из неразрушающих методов контроля качества материалов, изделий, сварных и паяных соединений наиболее информативными и перспективными являются радиоскопические методы, позволяющие получать визуальное изображение внутреннего строения контролируемого объекта в любых проекциях непосредственно в момент просвечивания.

Разработанный в НИИ интроскопии рентгентелевизионный интроскоп (РТИ) в соответствии с [1], позволяет обнаруживать с высокой чувствительностью и разрешающей способностью внутренние дефекты несплошности в заготовках и изделиях, включения инородных материалов, усадочные раковины и трещины, плоскость раскрытия которых совпадает с направлением просвечивания.

Принцип работы интроскопа основан на просвечивании объектов рентгеновским излучением, преобразовании скрытого радиационного изображения в телевизионный сигнал с последующей компьютерной обработкой и визуализацией его на экране монитора.

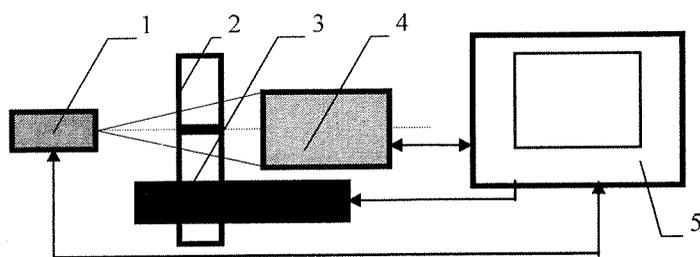


Рис.1

В состав рентгентелевизионного интроскопа входят (рис.1): 1 – источник рентгеновского излучения; 2 – объект контроля; 3 – автоматизированное устройство позиционирования; 4 – рентгентелевизионная установка; 5 – специализированный компьютер.

В зависимости от конкретных условий в РТИ используются стационарные, передвижные или малогабаритные импульсные рентгеновские аппараты типа РУП-150/300, РУП-120, "АРИНА-02". Проведенные

испытания показали эффективную работу интроскопа в комплекте с разработанными в НИИ интроскопии программно-управляемыми малогабаритными импульсными рентгеновскими аппаратами типа РАП-90, РАП-160, РАП-300.

Преобразование радиационного изображения объекта контроля (2) осуществляется рентгентелевизионной установкой (4), полный видеосигнал с которой подается на специализированный компьютер (5). В качестве преобразователей рентгеновского изображения используются серийные рентгеновидиконы типа ЛИ-444 и ЛИ-473 либо разработанные в НИИ интроскопии экспериментальные рентгеновидиконы тех же размеров с бериллиевым входным окном [2], чувствительные к мягкому рентгеновскому излучению. Применение экспериментальных приборов позволяет проводить неразрушающий контроль качества изделий из материалов малой плотности (алюминиево-магниевых сплавов, бериллия, пластмасс) с высокой дефектоскопической чувствительностью до 0,5%. Дюймовые рентгеновидиконы при использовании рентгеновских аппаратов с микрофокусными трубками и рентгеновского увеличения изображения позволяют получать разрешение до 50 пар линий на миллиметр.

Вследствие того, что площадь преобразователей имеет ограниченные размеры, просвечивание крупногабаритных объектов обычно осуществляется последовательно по участкам. В интроскопе с помощью разработанного автоматизированного устройства позиционирования изделие перемещается в поле контроля по разработанной методике просвечивания в старт-стопном режиме. Выбранный участок изделия устанавливается в поле просвечивания и производится его экспонирование. С помощью компьютера выбирается наиболее информативный кадр ТВ-изображения, оцифровывается, записывается в отдельный файл на диске компьютера и выводится на экран монитора. Далее процесс в цикле повторяется до полного завершения алгоритма контроля. Для контроля кольцевых сварных швов трубопроводов в полевых условиях разрабатывается автоматизированное устройство позиционирования, вращающее вокруг трубы источник излучения и установленную соосно с ним передающую рентгентелевизионную камеру.

Экспресс-контроль и анализ качества изделия осуществляется дефектоскопистом по изображению объекта на экране монитора компьютера. При обработке результатов с помощью специально разработанной программы отмечаются дефектные участки на изображении, производится измерение линейных размеров и площади проекции их поперечного сечения, максимальная протяженность дефектов в направлении просвечивания. В отведенном месте формируется паспорт сварного шва и вносятся необходимые пояснения. Для особо ответственных участков изделия на экран монитора выводятся эпюры изменения видеосигнала по выбираемому горизонтальному, вертикальному или произвольному сечению изображения контролируемого изделия.

Результаты контроля фиксируются в файлах и при необходимости переносятся на бумажный или магнитный носитель. По окончании процесса контроля в отдельном файле формируется панорамный снимок изделия или сварного шва, который также может быть выведен на экран монитора или бумажную ленту в реальном масштабе изображения. Это особенно удобно при контроле сварных швов трубопроводов большого диаметра. При наложении ленты с изображением внутренней структуры шва на просвеченное изделие без труда можно определить местонахождение дефектного участка.

В настоящее время проводятся работы по автоматическому анализу изображений в соответствии с [3] и соответствующей нормативно-технической документацией.

В процессе просвечивания компьютер формирует базу данных из видеоизображений объектов контроля и, кроме того, по специальному алгоритму управляет режимом работы всех функциональных узлов РТИ. По определенной программе включается телевизионная камера, задаются параметры просвечивания и режимы работы рентгеновского аппарата, осуществляется выбор наиболее информативного кадра рентгенотелевизионного изображения и запись его на диск компьютера, обеспечивается перемещение объекта контроля или узла просвечивания с помощью автоматизированного устройства позиционирования.

Максимальная толщина просвечивания при использовании стационарного рентгеновского аппарата РУП-150/300-10 при напряжении на трубке $U=250$ кВ и токе $I=1,5$ мА составила по стали 40 мм. Чувствительность контроля, измеренная по проволочным и канавочным эталонам чувствительности [4], при этом находится в пределах 1,0–1,5%. При просвечивании объектов импульсным рентгеновским аппаратом типа "АРИНА-02" с амплитудным напряжением 150–170 кВ максимальная толщина просвечивания по стали составила 25 мм.

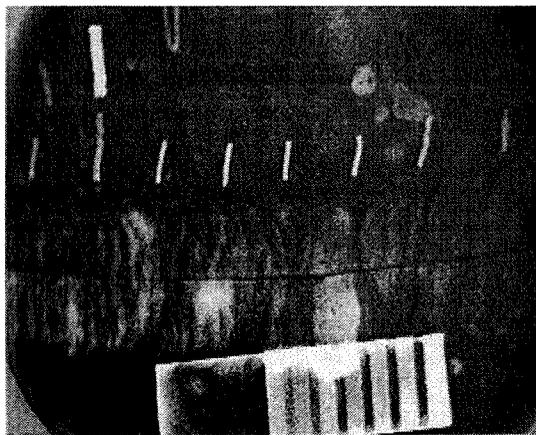


Рис.2

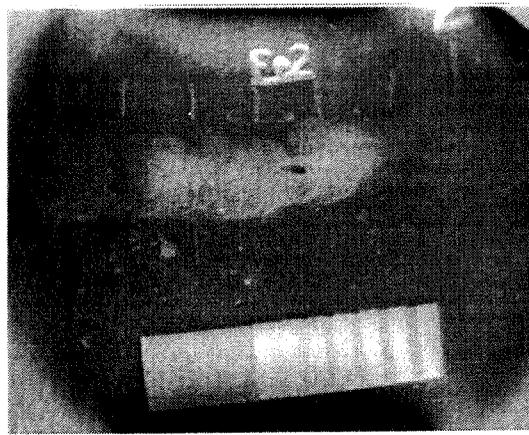


Рис.3

На рис.2 приведено изображение сварного шва трубопровода из стали марки 09Г2С диаметром 114 мм и толщиной стенки 4,5 мм, записанное на диск компьютера. Просвечивание проводилось через две стенки. Использован рентгеновский аппарат РАП-160И-5 с размером фокусного пятна 1,2×1,2 мм. Параметры просвечивания: $U = 120$ кВ, $I = 1$ мА, $F = 75$ см. На рисунке четко просматривается изображение дефектного участка сварного шва с наложенным на него мерным поясом и канавочным эталоном Fe_2 толщиной 4 мм. На изображении хорошо видны непровар корня шва и валики наплавленного металла.

На рис.3 приведено изображение сварного шва стального трубопровода диаметром 146 мм с толщиной стенки 6 мм. Просвечивание проводилось при $U = 140$ кВ, $I = 1$ мА и $F = 50$ мм. На полноформатном изображении сварного шва хорошо видна пятая проволочка проволочного эталона Fe_2 , диаметр которой составляет 0,16 мм. По ДИН 54 109 ее диаметр соответствует эталону № 14 и для

просвечиваемой толщины $10 < d < 16$ мм чувствительность относится к первому классу качества. Дефектами сварного шва являются: газовая пора, шлаковое включение, непровар корня шва.

Использование экспериментальных рентгеновидиконов, оригинальной методики просвечивания и компьютерной обработки изображений позволило значительно улучшить основные параметры интроскопа. При автоматизации процесса контроля и управлении интроскопом с помощью компьютера производительность рентгенотелевизионного контроля в 15–20 раз превышает производительность радиографии. При этом не требуются расходные серебросодержащие материалы и отсутствует процесс фотообработки.

Технические характеристики интроскопа:

диапазон используемых энергий, кэВ	7–250
толщина просвечивания, мм:	
по стали	до 40
по алюминию	до 80
по бериллию (полиэтилену)	до 150
чувствительность контроля, %	0,5 – 2,0
разрешающая способность, пар линий/мм	20 и 8
диаметр поля контроля, мм	18 и 90
потребляемая мощность, кВА	до 1,5

По исполнению рентгенотелевизионные интроскопы изготавливаются как в бункерном варианте, так и с автономной радиационной защитой, обеспечивающей безопасную эксплуатацию его в цеховых условиях.

Для работы в полевых условиях может быть изготовлен передвижной вариант рентгенотелевизионного интроскопа на базе автомобиля с повышенной проходимостью и автономным источником питания.

Рентгенотелевизионный интроскоп может найти широкое применение в машиностроении, атомной, теплоэнергетической, аэрокосмической, химической, нефтяной и газовой промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27947-88. Контроль неразрушающий. Рентгенотелевизионный метод.
2. Свирыкин Д. И., Филишов Н. Я., Забавин А. Н., Савельев Ю. В., Иванов А. А. Способ изготовления рентгеновидикона. – Патент № 2034354 РФ. МКИ H 01 J 9/26.
3. ГОСТ 23055-78. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля.
4. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Сварные соединения. Радиографический метод.

УДК 615.47:543.672

Д. К. АВДЕЕВА, Ю. И. КРАСИЛЬНИКОВ

РАЗРАБОТКА АУДИОМЕТРА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОБЪЕКТИВНОЙ АУДИОМЕТРИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отмечается актуальность разработки объективного аудиометра для неинвазивной регистрации электрокохлеографических биопотенциалов (микрофонного и ационного). Даны основные характеристики разработанного аудиометра, результаты клинических исследований слуха, показано высокое диагностическое значение амплитуды и фазы микрофонного потенциала.

Современные аудиометры по слуховым вызванным потенциалам (СВП) характеризуются высокой степенью развития, что обусловлено прежде всего их компьютерной основой. За рубежом производство этих приборов налажено с начала семидесятых годов и к настоящему времени представляет собой высокоразвитую подотрасль слухоизмерительных приборов наряду с акустическими ушными импедансометрами и обычными аудиометрами. Производителями объективных аудиометров являются фирмы "DISA", "Madsen Electronics", Дания; "Nicolit Biomedical Instruments", США, "Nihon Konden Kogyo Co. LTD", Япония и др.